

Kamil ROZIMANT¹, Vojtech GAJDOŠ²

**OPAKOVANÉ MERANIA METÓDOU ELEKTRICKEJ ODPOROVEJ
TOMOGRAFIE**

**REPEATED MEASUREMENTS WITH ELECTRICAL RESISTIVITY
TOMOGRAPHY**

Abstract

Electrical resistivity tomography surveys are often repeated over the same line at different times to study the changes of the subsurface resistivity with time. Normally, the data from the surveys conducted at different times are inverted independently, but there is no guarantee that the differences in the resistivity values are only due to actual changes in the subsurface resistivity with time. There is also another approach, when the model obtained from the inversion of the initial data set is used as a reference model to constrain the inversion of the later time-lapse data sets. An example of long-term monitoring in the 3 year cycles is focused on the changes in physical and mechanical properties of deposited fly ash in time.

Key words: electrical resistivity tomography, monitoring, time-lapse inversion

Úvod

V minulosti bolo sledovanie zmien fyzikálnych vlastností hornín v čase geofyzikálnymi metódami len málo používané, najmä v dôsledku nízkej hustoty informácie ako aj nedostatočnej presnosti terénnych meraní. Technologický pokrok v oblasti geofyzikálnych aparátúr, ako aj softwarového vybavenia umožnil využitie niektorých geofyzikálnych metód na monitorovanie fyzikálneho stavu horninového prostredia. Ako jeden z najvhodnejších monitorovacích fyzikálnych parametrov sa javí merný odpor horninového prostredia, ktorého rozloženie v pomerne hustej sieti bodov vo vertikálnom reze je možné sledovať metódou elektrickej odporovej tomografie. Opakovaním takýchto meraní je možné postihnúť odporové zmeny spôsobené viacerými faktormi.

Opakovaním meraní elektrickej odporovej tomografie (ERT) na tom istom profile v rôznych časových odstupoch je možné postihnúť rôzne rozdiely v odporoch spôsobené napr. zmenami vlhkosti, teploty alebo salinity, pohybom vody v nasaturovanej zóne, migráciou kontaminátov ako aj priesakmi z hrádzí a skládok.

Time-lapse inverzia

Samotné terénne údaje obsahujú len informácie o zdanlivých merných odporoch a ich rozloženie je ovplyvnené aj použitým meracím rozstupom a rozmiestnením anomálnych odporových telies. Údaje o skutočnom rozdelení odporových nehomogenít dostávame až po realizácii obrátenej úlohy – inverzie, používajúcej špeciálne algoritmy na riešenie tejto úlohy.

¹ RNDr., PhD., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, SR, rozimant@fns.uniba.sk

² Doc., RNDr., CSc., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, SR, gajdos@fns.uniba.sk

Štandardný postup inverzie tomografických meraní však vnáša do výsledkov aj vplyv z návrhu rôznych štartovacích modelov. Potlačenie tohoto vplyvu umožňuje použitie postupu tzv. time-lapse inverzie.

Štandardne sa realizuje inverzia terénnych meraní nezávisle pre jednotlivé časové etapy. V mnohých prípadoch takýto postup zabezpečuje uspokojivé výsledky. Inverzia realizovaná pre každú etapu izolovane, však neposkytuje žiadnu garanciu, že rozdiely v hodnotách odporov sú spôsobené len ich aktuálnymi zmenami s časom, nakoľko minimalizačný algoritmus pôsobí len na rozdiel medzi nameranými a vypočítanými hodnotami spracovávanej sady údajov, neberúc do úvahy východzie merania.

Preto sa v prípade opakovaných meraní ERT môže z výhodou použiť tzv. time lapse inverzia (inverzia s časovým posunom), ktorá umožňuje detailnejšie sa zamerať na odporové zmeny v horninovom prostredí z odstupom času. Ako základné sa považujú počiatočné merania, na ktorých sa realizuje štandardný postup inverzie za účelom zostavenia základného odporového modelu resp. podpovrchového rozdelenia odporov. Pri inverzii mladších meraní sa potom používa to isté rozdelenie odporových nehomogenít, aké sa použilo pri počiatočnom modeli. Takýto postup sa používa za účelom minimalizácie vplyvov v prípade zostavenia odlišného východzieho modelu na aktuálne zmeny (Loke, 1999).

Výhody použitia time-lapse inverzie:

- ☐ detailnejšie porovnanie odporových zmien
- ☐ zvýraznenie aktuálnych zmien
- ☐ spoločný východzí model

Nevýhody použitia time-lapse inverzie:

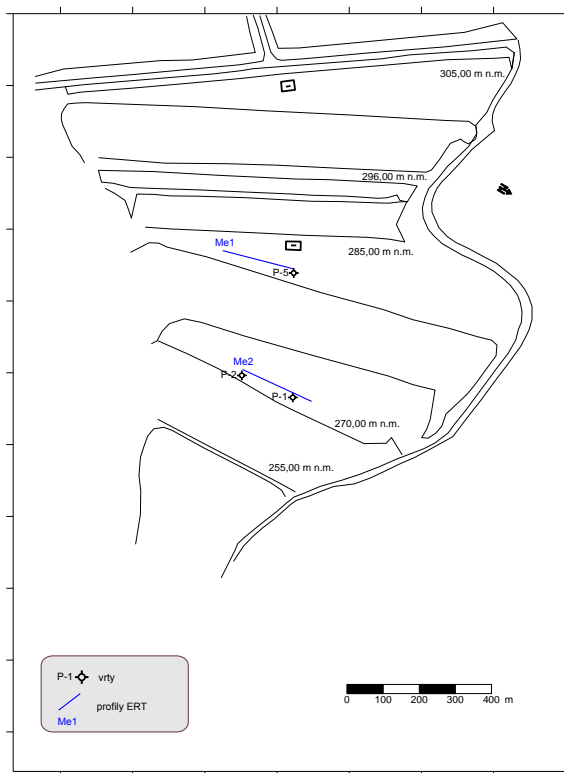
- ☐ nutnosť použitia tých istých meracích bodov t.j. merací profil musí mať tú istú hĺbku a hustotu meraných úrovní
- ☐ nepriaznivý vplyv vyššieho šumu na inverziu.

Příklad použitia

Príklad porovnania „klasického“ postupu inverzie meraní ERT a time-lapse inverzie je realizovaný na profile Me2 odkaliska popolčekov v Novákoch. Jedná sa o časť odkaliska, kde sa už od určitého času je uzavretá. Prvé meranie bolo realizované v r.2002 a ďalšie v r.2005 (Gajdoš, Rozimant 2006).

Profil Me2 (obr.1) bol situovaný v spodnej časti odkaliska (270m n.m.), približne v strede naplavovanej plochy, pričom dno údolia je na kóte 250m n.m. Nakoľko pod vrstvou pokryvných hĺn postupne dochádza ku konsolidácii naplaveného materiálu, s odstupom času sa namerané hodnoty odporov na odkalisku ako aj výsledky inverzie zvyšujú, čo potvrdili aj naše merania s odstupom 3 rokov. Výhody použitia Time-lapse inverzie môžeme pozorovať na pravej strane Obr.2 v homogénnejšom obraze, výraznejšom horizontálnom zvrstvení a nižšej RMS. Časová zmena odporov (obr.2 – dole) je prakticky v celej ploche rezu kladná, okrem pripovrchovej časti, kde je ovplyvnená zrážkovou činnosťou pred meraním. Na základe realizovaných presiometrických skúšok sa zistilo zlepšenie mechanických vlastností v období uvedených rokov. Z realizovaných presiometrických skúšok (Matys 2002, Matys a kol.

2006) v uvedených rokoch vyplýva, že generálne dochádza pri uložení elektrárenských popolčiek v čase od ich naplavenia (po niekoľkých rokoch) k zreteľnému zlepšovaniu mechanických vlastností. Ku zlepšeniu dochádza najmä v dôsledku zmenšovania prirodzenej vlhkosti popolčiek a zväčšovaní väzieb na stykoch zŕn popola.



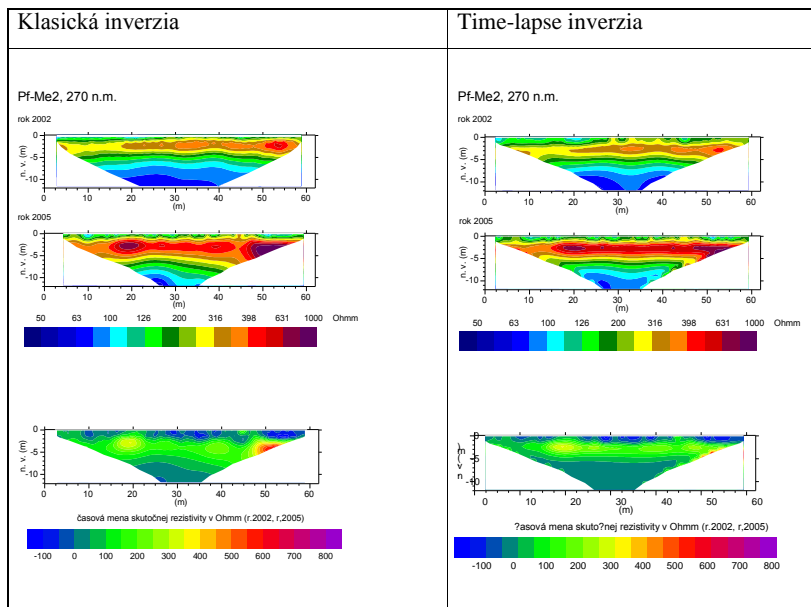
Obr.1 Situácia profilov ERT na odkalisku

Záver

Výsledky použitia time-lapse inverzie na výpočet rezistivitných modelov v prípade opakovaných meraní na príklade odkaliska elektrárenských popolovín poukazujú na výhodnosť použitia takéhoto postupu. Umožňujú detailnejšie porovnanie aktuálnych odporových zmien a v prípade viacerých meraní aj použitie spoločného východzieho modelu. Využitím ďalších možností interpretačného softvéru (napr. RES2DINV) pri jeho konštrukcii je možné lepšie prispôbenie daným meracím a geologickým podmienkam aj na inom type lokalít

Podakovanie:

Príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA prostredníctvom projektov č. 1/4041/07 a 1/3073/06 a tiež projektu č. APVV-0158-06, podporovaného agentúrou APVV.



Obr.2 Porovnanie výsledkov klasickej a time-lapse inverzie na profile meranom v rokoch 2002 a 2005 a ich rozdiel.

Literatúra

- [1] Aaltonen J., 2001: Seasonal resistivity variations in some different swedish soils. Eur J Environ Eng Geophys 6:33–45
- [2] Gajdoš, V. – Rozimant, K., 2006: Monitorovanie vlastností popolčiekov odkaliska ENO Nováky (pôvodné) geofyzikálnymi metódami. Zborník referátov, Polní geotechnické metody 26. AZ Consult, Ustí nad Labem.
- [3] Loke, M.H., 1999. Time lapse resistivity imaging inversion. Proceedings of the 5th Meeting of the EEGS European Section, Eml., Budapest
- [4] Matys M. 2002: Zmeny antropogénnych sedimentov na odkaliskách. Geologické práce, Správy 106, ŠGÚDŠ, Bratislava
- [5] Matys M., Maas P., Šprochová A., 2006: Zmeny mechanických vlastností popolčiekov odkaliska ENO pôvodné. Zborník referátov, Polní geotechnické metody 26. AZ Consult, Ustí nad Labem.
- [6] RES2DINV ver.3.5, Geotomo Software, 2006, www.geoelectrical.com